

**ESTRUCTURA ANATÓMICA DE RAÍCES Y TALLOS DE
Gomphrena albiflora MOQ. (AMARANTHACEAE)
Anatomy structure of roots and stems of *Gomphrena albiflora* Moq.
(Amaranthaceae)**

Damelis Jáuregui, Marlene Lapp, Mercedes Castro, Thirza Ruiz-Zapata y Pedro Torrecilla

Instituto de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Aragua. jaureguid@gmail.com

Resumen

Gomphrena albiflora se distribuye desde La Vela de Coro hasta la Goajira colombiana, a lo largo de la costa semiárida del occidente del país, crece expuesta a altas temperaturas y radiación solar, en suelos secos y salinos. El objetivo es describir la estructura anatómica de las raíces y los tallos de esta especie e identificar caracteres en estos órganos de posible valor adaptativo. Muestras de diferentes diámetros fueron fijadas en FAA siguiendo las técnicas clásicas para microscopía óptica. Las porciones apicales de las raíces muestran estructura primaria, caracterizada por rizodermis con abundantes pelos absorbentes, de diferentes longitudes y parénquima cortical subyacente con células relativamente voluminosas; el cilindro vascular está conformado por una capa de periciclo y una estela diarca. Se forman tallos plagiótropos y ortótropos. Las porciones jóvenes de los tallos tienen gran cantidad de tricomas y drusas, mientras que en estado adulto, éstos disminuyen y es evidente una hipodermis y la formación temprana de felógeno. Tanto en los tallos como en las raíces el crecimiento radial ocurre por la formación de anillos sucesivos de crecimiento. La actividad del cambium vascular “ordinario” tiene corta duración. La estructura anatómica de estos órganos tiene importancia en la sobrevivencia de esta especie en su hábitat natural.

Palabras clave: anatomía, tallos, raíces, *Gomphrena albiflora*, Amaranthaceae.

Abstract

Gomphrena albiflora distributed from La Vela de Coro to the Colombian Guajira, along semiarid western coast of the country, it grows exposed to high temperatures and radiation, and dry and saline soils. The aim is to describe the anatomical structure of roots and stems of this species and identify potentially adaptive value characters. Samples of different diameter were fixed in FAA according to conventional techniques for microscopy. The apical portions of the roots show primary structure, characterized by rhizodermis with abundant hairs of different lengths and underlying parenchyma cells with relatively bulky, the vascular cylinder consists of a layer of pericycle and a diarch stele. Plagiotropic and orthotropic stems are formed. The younger portions of the stems have much trichomes and druses, whereas in the adult, it is clear they reduce, and is evident hypodermis and the early formation of cork cambium. Both in the stems and in the roots radial growth occurs by the formation of successive rings of growth. The activity of the vascular cambium “ordinary” is short lived. The anatomical structure of these organs is important for the survival of this species in its natural habitat.

Key words: anatomy, stems, roots, *Gomphrena albiflora*, Amaranthaceae.

Introducción

Los miembros de *Amaranthaceae sensu lato* (incluyendo *Chenopodiaceae*) son dominantes en ecosistemas áridos y semiáridos, presentando una serie de características y estrategias que les permiten sobrevivir en diferentes hábitats con condiciones ambientales desfavorables, entre dichas características pueden citarse: fotosíntesis C4, sistemas reproductivos especializados y caracteres morfoanatómicos específicos (Borsch 2001).

Gomphrena (Gomphrenoideae - *Amaranthaceae*) circumscribe más de 100 especies a nivel mundial, la mayoría distribuidas en las regiones cálido-templadas y tropicales de América; algunas son endémicas de Australia. Dicho género incluye especies usadas en medicina popular, entre ellas *G. macrocephala* St.-Hil. (Moreira *et al.* 2000), *G. arborescens* L. f. (Gil-Otaiza *et al.* 2006; Fank-de-Carvalho & Graciano-Ribeiro 2005), *G. globosa* L. (Gil-Otaiza *et al.* 2006; Lárez 2004) y *G. serrata* L. (Sindhuja *et al.* 2012). Asimismo, algunas de ellas son utilizadas como ornamentales (Vargas 2002) y otras (*G. pulchella* Mart.) se comportan como malezas (Rainero 2008). En Venezuela, se reportan tres especies de *Gomphrena*, *G. albiflora*, *G. globosa* L. y *G. serrata* L., la segunda es introducida y la tercera se ha colectado en Bolívar, Cojedes, Monagas y Portuguesa. *G. albiflora* Moq. es referida como de presencia dudosa en el país, porque se ha confundido con *Blutaparon vermiculare* (L.) Mears). Ruiz *et al.* (2012) han corroborado su presencia desde Punta Taimataima incluyendo la Península de Paraguaná en el estado

Falcón, hasta la Península de la Goajira en el estado Zulia y presumen su presencia en la Goajira Colombiana. También está presente en Aruba y Curazao (Wingfield, com. pers.).

Gomphrena albiflora es una hierba estolonífera, de hojas suculentas (Fig. 1), la cual crece a lo largo de la costa semiárida del occidente del país, por lo que está expuesta a altas temperaturas y radiación solar, se desarrolla sobre suelos secos y salinos, y ha sido catalogada como halotolerante y haloresistente (Medina *et al.* 2008). Sus hojas presentan anatomía Kranz (García *et al.* 2008) lo cual, sin duda, le confiere ventajas en lo que respecta a la economía hídrica. En este trabajo se describe la estructura anatómica de las raíces y los tallos de dicha especie con el fin de identificar caracteres en estos órganos de posible valor adaptativo.

Materiales y métodos

Se colectaron tallos y raíces de al menos tres individuos en la Bahía de Tacuato, Península de Paraguaná (estado Falcón, Venezuela); la muestra de referencia (Guanipa y col. 4) fue depositada en el herbario Víctor Manuel Badillo (MY). Los órganos fueron fijados en FAA, y posteriormente subdivididos en segmentos apicales, medios y basales con el fin de contar con porciones en crecimiento primario y secundario. Se realizaron secciones a mano alzada, las cuales se tiñeron con azul de toluidina acuosa (1%) y se montaron en agua-glicerina (V/V). Además, se procesó el material hasta su inclusión en parafina siguiendo el protocolo de Johansen (1940); dicho

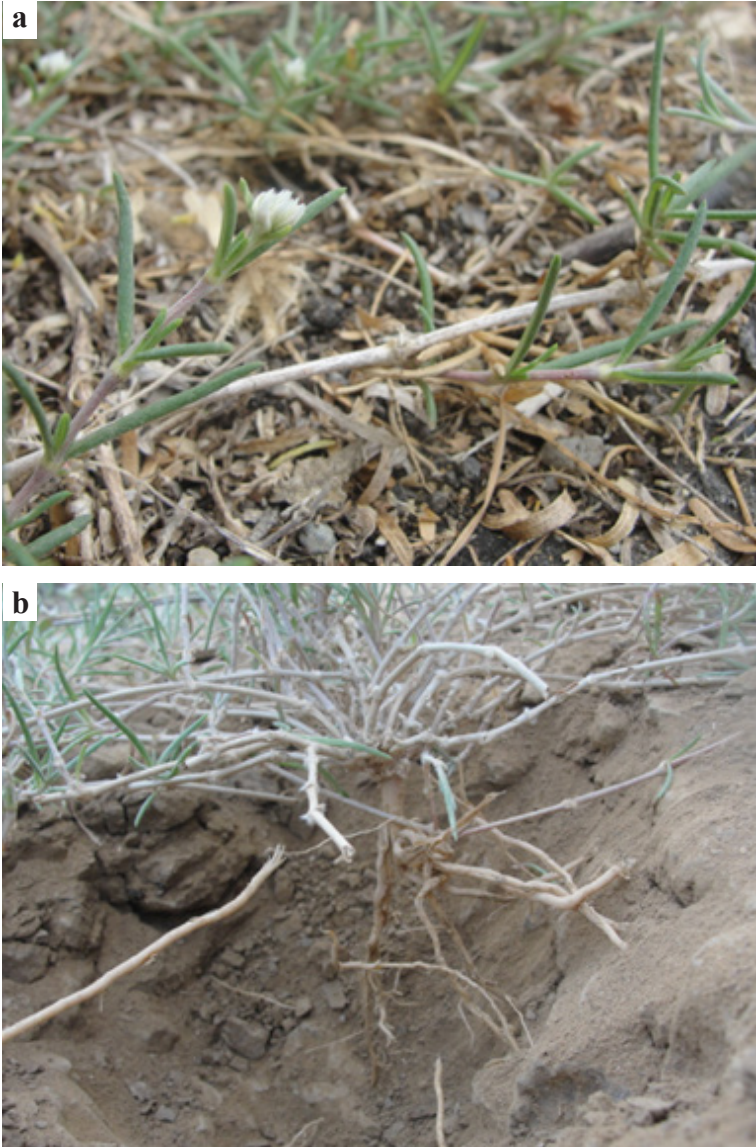


Figura 1. *Gomphrena albiflora*. (a)Biotipo; (b)tallos aéreos, subterráneos y raíces.

material se seccionó con micrótopo de rotación; las secciones obtenidas se tiñeron con safranina-fastgreen y se montaron en bálsamo de Canadá. Se detectó la presencia de lignina con fluoroglucinol más ácido clorhídrico (Johansen 1940).

Se determinó el número de vasos por unidad de área, así como el diámetro de los mismos en secciones basales de tallos ortótropos; para ello se usó un ocular micrométrico acoplado a un microscopio calibrado. Esto se hizo con el fin de calcular el índice de vulnerabilidad propuesto por Carlquist (2007), el cual da idea del nivel de adaptación del xilema al estrés hídrico. Las láminas preparadas fueron observadas, analizadas y fotografiadas en un microscopio Nikon E200 con cámara digital (Evolution DC) incorporada.

Resultados

Raíces: las zonas apicales de estos órganos muestran estructura primaria, la cual se caracteriza por presentar rizodermis con pelos absorbentes de diferentes longitudes; dos a tres capas de parénquima cortical con células que disminuyen su tamaño en las proximidades de la endodermis y, el cilindro vascular conformado por una estela diarca, delimitada por una capa de periciclo (Fig. 2A). Las zonas basales y medias presentan estructura secundaria con una peridermis relativamente gruesa (Fig. 2B) y la formación de anillos sucesivos de tejido, formados a partir de un meristema lateral que produce parénquima hacia afuera y anillos de cambium y tejido conjuntivo, principalmente parénquima hacia el interior (Fig. 2B).

Tallos: se forman tallos plagiótropos

(estolones) y ortótropos, en ocasiones ocurre formación de varios ejes simultáneamente. Las porciones más apicales de los tallos ortótropos tienen entrenudos muy cortos por lo que las hojas arropan al eje caulinar. Los tallos en estructura primaria muestran contorno relativamente rectangular en sección transversal pero con ondulaciones (Fig. 2C). Se caracterizan por presentar epidermis uniestratificada con abundantes tricomas y cutícula relativamente delgada. Subepidérmicamente, se distingue parénquima clorofiliano. El tejido vascular se organiza en una eustela con tres haces ubicados en cada extremo de la sección y un haz más grande en los otros dos flancos; estos haces son colaterales abiertos (Figs. 2C, 2D). En la región central se localizan células parenquimáticas con abundantes drusas.

A medida que se desciende en el eje caulinar, éste aumenta su diámetro y su contorno se hace ovalado (Fig. 3A). Anatómicamente, se debe señalar la reducción en el número de tricomas y el incremento en el grosor de la cutícula, la cual en ocasiones muestra inclusiones entre las paredes radiales de las células epidérmicas (Fig. 3B). Las células parenquimáticas (dos a tres capas) próximas a la epidermis incrementan su tamaño, observándose de paredes delgadas y con escaso contenido protoplasmático (Figs. 3A, 3B). Los haces de los extremos, en ocasiones tienden a unirse entre ellos, debido a la esclerotización de células parenquimáticas (Fig. 3C). En todos los haces se desarrolla un casquete esclerenquimático (Figs. 3A, 3C, 3D). Drusas, son abundantes principalmente en la médula (Fig. 3A).

Un poco más abajo se inicia el crecimiento secundario típico, produciéndose a partir de cambium vascular, xilema y floema secundario pero en baja proporción (Figs. 3C, 4A). Muy próximo a esta zona, las células parenquimáticas ubicadas por fuera de los casquetes esclerenquimáticos o aquellas próximas al floema secundario recientemente diferenciado de los haces más grandes experimentan división celular

formándose un nuevo meristema lateral (Figs. 3D, 3E), que luego se hace continuo; a partir de dicho tejido se forman bandas de cambium vascular y tejido conjuntivo, en este caso representado por células parenquimáticas y esclerenquimáticas, estas últimas principalmente en las porciones superficiales de los estolones y porciones basales de tallos aéreos (Figs. 4A, 4D), mientras que las primeras son

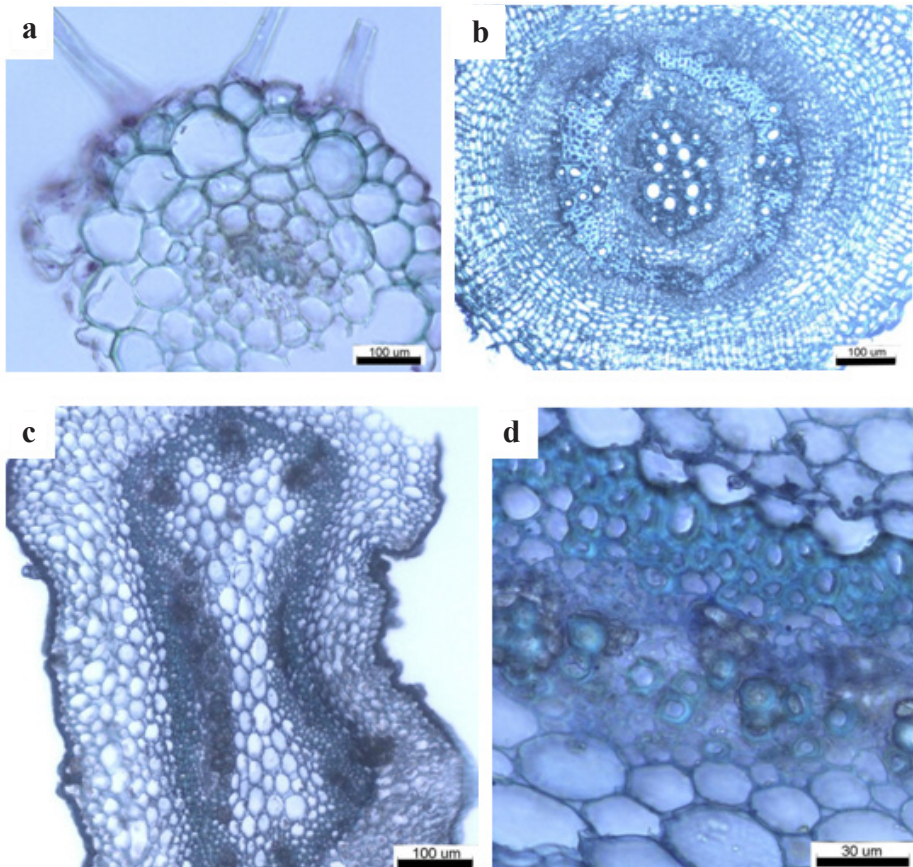


Figura 2. Raíz y tallo de *Gomphrena albiflora* (secciones transversales). (a)Raíz en estructura primaria; (b)raíz en estructura secundaria; (c)entrenudo apical del tallo, nótese tres haces en el extremo superior de la sección y dos grandes en cada flanco; (d)detalle del haz vascular del flanco lateral de la sección con abundantes cristales.

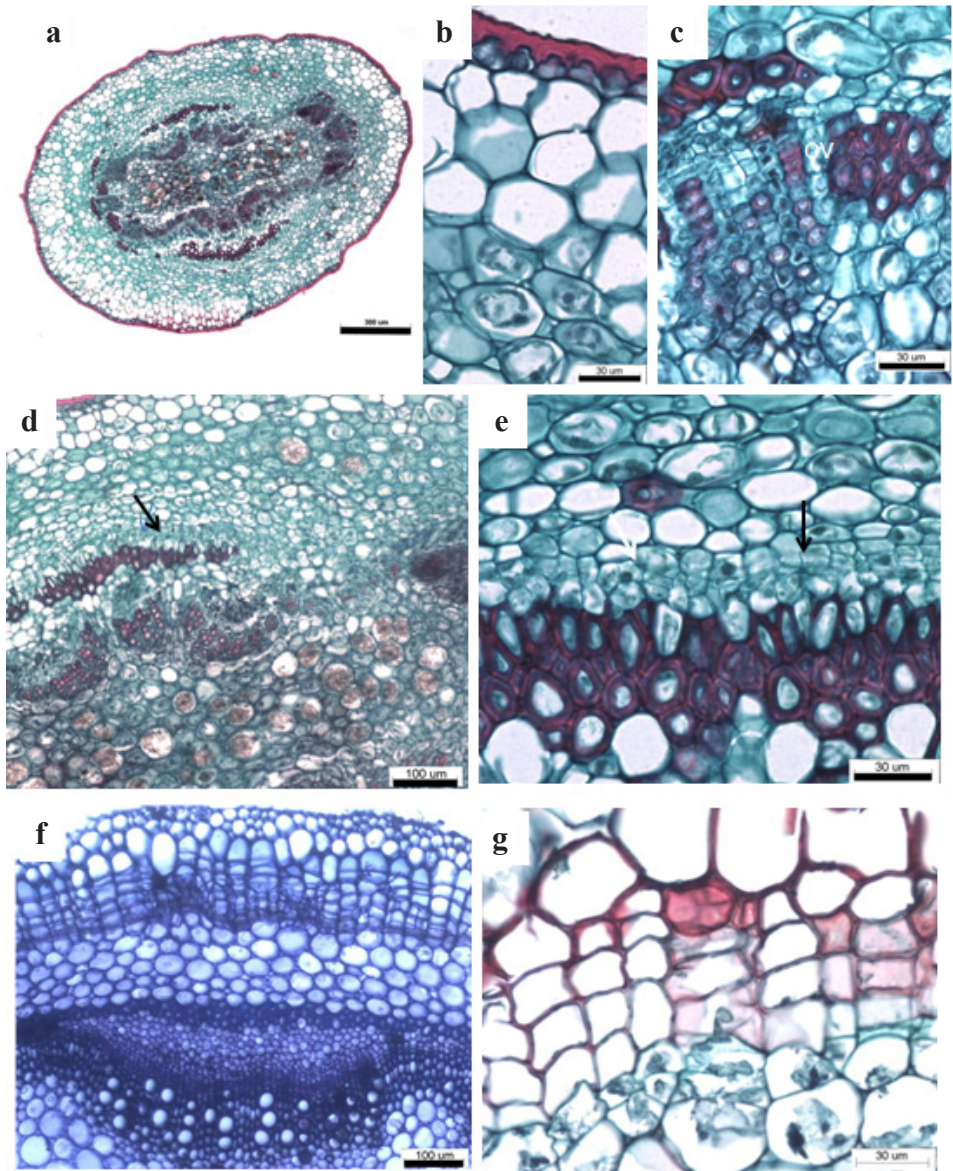


Figura 3. Tallo en sección transversal, a inicios del crecimiento secundario en *Gomphrena albiflora*. (a) Vista general; (b) detalle de la región externa; (c) haz vascular, nótese cambium vascular (cv); (d) nótese meristema lateral (indicado con flecha) por fuera del esclerénquima; (e) detalle de la anterior; (f) diferenciación de felógeno y producción de células de súber; (g) detalle de la anterior.

más frecuentes en porciones enterradas de estolones (Fig. 4C). De las bandas de cambium vascular se forma xilema y floema, pero en un arreglo irregular, por no ser continuo y porque la proporción de células producidas es variable. El meristema permanece y se activa en varias oportunidades. La activación de dicho meristema conlleva a la formación de anillos irregulares de tejido vascular y esclerenquimático, y en menor cantidad parenquimático. El número de anillos es mayor en los estolones que en las

porciones basales de los tallos ortótopos. El crecimiento no ocurre simultáneamente en toda la circunferencia del tallo, por lo que se genera una estructura sinuosa (Figs. 4A, 4B).

La diferenciación del felógeno ocurre tempranamente; dicho tejido se origina de células del parénquima cortical medio a interno (Fig. 3F). De dicho meristema se diferencian un número variable de capas de súber o corcho (mayor en las porciones aéreas que en las subterráneas) y una o dos capas de felodermis (Fig. 3G).

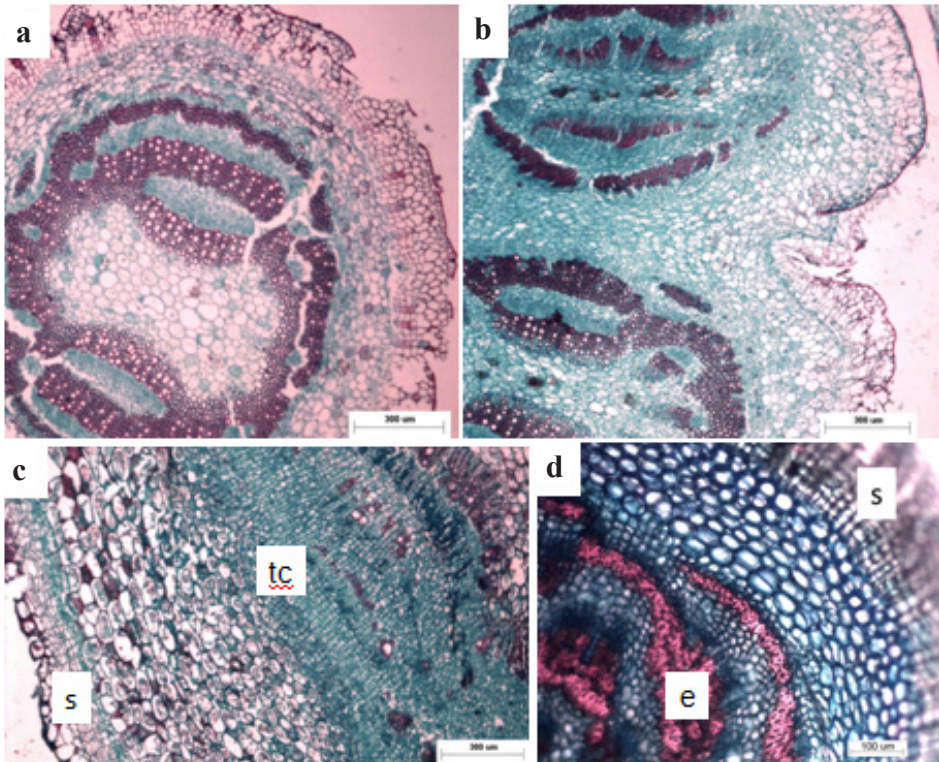


Figura 4. Tallo en sección transversal de *Gomphrena albiflora*. (a) Vista general de la sección de un entrenudo en la porción media de un tallo aéreo; (b) dos ejes caulinares simultáneos; (c) detalle de la porción enterrada del estolón, nótese abundancia de parénquima; (d) detalle de la porción no enterrada de un estolón, obsérvese proporción de esclerenquima.

Finalmente, se debe hacer referencia a la presencia de tallos insertos en otros, observados en porciones ligeramente enterradas de los estolones. La estructura anatómica es semejante, solo que uno de los ejes está en un grado más avanzado de desarrollo que el otro (Fig. 4B).

El índice de vulnerabilidad del leño resultó 0,64.

Discusión

La anatomía radical de Amaranthaceae ha sido poco estudiada. La raíz de *G. albiflora* muestra en crecimiento primario, la estructura típica de una dicotiledónea; no obstante, el crecimiento secundario puede considerarse atípico. Entre los trabajos existentes, se puede citar el de Khan *et al.* (2011), en *Amaranthus viridis* L., donde muestran valores cuantitativos de tamaño de las células en diferentes tejidos de este órgano; sin embargo, la imagen mostrada de la sección transversal de una raíz no es clara, pareciendo corresponder a una porción caulinar. Asimismo, Grosso (2007), analizó el desarrollo del crecimiento secundario inusual en la raíz de *Pfaffia gnaphalioides* (L. f.) Mart., indicando que el meristema lateral da origen a la corteza secundaria hacia afuera y cambium sucesivos y tejido conjuntivo hacia el interior, semejante a lo observado en este estudio. Sin embargo, la autora indica que en dicha especie se presentan yemas radicales, rasgo no observado en las raíces muestreadas de *G. albiflora*.

Los reportes sobre anatomía en tallos jóvenes de Amaranthaceae son escasos y los existentes se han llevado a cabo mayormente en especies de *Amaranthus*.

En el caso de *Pupalia lappacea* (L.) Juss. se indicó que en los caules en estructura primaria se diferencian 15 ó 16 haces vasculares (Rajput & Rao 1999). Un trabajo bastante detallado es el de Costea & DeMason (2001), quienes estudiaron la anatomía del órgano en referencia en un número importante de especies de *Amaranthus*, encontrando rasgos importantes de interés taxonómico a nivel de los sistemas protector, fundamental y vascular. Por otra parte, la caracterización anatómica de los tallos de *Amaranthus cruentus* L. reveló que el sistema vascular está formado por un anillo de células meristemáticas, de las cuales se originan haces vasculares de diferentes tamaños; hacia el interior de este anillo son evidentes haces vasculares dispersos, dispuestos de forma aleatoria (Ferrarotto & Jáuregui 2006); mientras que en *Amaranthus retroflexus* L. se señala una anatomía típica de dicotiledóneas herbáceas (Vrbničanin *et al.* 2009). La conformación histológica de los tallos de las especies estudiadas por todos estos autores difiere de lo descrito en este trabajo para *G. albiflora*, básicamente en lo relacionado a la organización del tejido conductor.

La presencia de haces vasculares en la médula de tallos de Amaranthaceae es un rasgo referido en la literatura (Metcalf & Chalk 1950). No obstante, las especies de *Gomphrena* hasta ahora estudiadas anatómicamente, *Gomphrena globosa* L. (Metcalf & Chalk 1950) y *G. celosiioides* Mart. (Oladele & Iyabode 1988) así como algunas de otros géneros, ej. *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. y *A. aquatica* (D. Parodi) Chodat (Duarte & Debur

2004), tienen en la porción central de los tallos solo parénquima. Esto coincide con lo encontrado para *Gomphrena albiflora*.

Se ha indicado que los tallos de Amaranthaceae presentan un crecimiento secundario atípico (Esau 1977; Metcalfe & Chalk 1950). En particular, en el trabajo de Metcalfe & Chalk (1950) se reporta la ocurrencia de variantes cambiales en varios géneros de dicha familia: *Achyranthes*, *Alternanthera*, *Amaranthus*, *Celosia*, *Iresine*, *Pfaffia* e inclusive en *Gomphrena*. El seguimiento realizado a la forma de producirse el crecimiento secundario en *G. albiflora* permite indicar que el mismo se produce por la diferenciación de un meristema lateral que se activa en varias oportunidades, del cual se forma cambium vascular y tejido conjuntivo, provocando la formación de anillos sucesivos irregulares de xilema, floema y tejido fundamental, principalmente esclerénquima. En *G. celosioides*, se ha indicado que el cuerpo secundario consiste de anillos concéntricos de haces vasculares secundarios, los cuales se alternan con tejido conjuntivo (Oladele & Iyabode 1998); sin embargo, no se menciona como se produce dicho crecimiento.

Tal como ocurre en otras especies de Amaranthaceae, como: *Alternanthera pungens* Kunth, *A. sessilis* (L.) R. Br., *A. triandra* Lam. y *Achyranthes aspera* L. (Rajput & Rao 2000), *Alternanthera philoxeroides* y *A. aquatica* (Bona & Lange de Morretes 1997; Bona 1993), en *Gomphrena albiflora* el meristema formado adopta la forma de un cilindro continuo y se diferencia bidireccionalmente. Carlquist (2007) utiliza el término cambium máster

para identificar el meristema lateral, ya que su actividad no solamente produce tejido vascular, sino que también de él deriva tejido conjuntivo.

La presencia de pocas capas de células en la corteza de las raíces en estructura primaria, probablemente es una estrategia para acortar la distancia de recorrido del agua hasta la estela; sin embargo, su relativo gran tamaño le puede conferir capacidad de almacenamiento de este recurso. Wahid (2003) indicó que esto ocurre en raíces de plantas de zonas salinas-desérticas.

En los tallos jóvenes, el tejido parenquimático ubicado debajo de la epidermis, probablemente actúe como reservorio de agua; el cual a su vez está protegido de la desecación, gracias a la cutícula muy engrosada que se desarrolla. Tejidos de protección contra la excesiva radiación y acumuladores de agua constituyen estrategias de adaptación en ambientes áridos (Fahn & Cutler 1992). Las raíces y tallos adultos muestran peridermis gruesa, constituida básicamente por felema. Esta estructura también está vinculada con la función de protección. Las células de corcho proporcionan aislamiento térmico, sus paredes suberizadas previenen la invasión por microorganismos (mecánica y químicamente) y los depósitos de cera embebidos en la matriz de suberina previenen a los tejidos internos de la desecación (Kolattukudy 1984).

Asimismo, el desarrollo secundario atípico que ocurre tanto en tallos como en raíces de esta especie, se ha referido como una ventaja adaptativa bajo condiciones de estrés hídrico y en particular bajo condiciones salinas (Robert *et al.* 2011). Jáuregui-

Zúñiga & Moreno (2004) señalaron que la formación de cristales de oxalato de calcio parece jugar un papel central en importantes funciones de las plantas, entre las que se incluyen la regulación en los niveles de calcio, la protección contra la herbivoría y la detoxificación de metales pesados. En el caso de *G. albiflora* la alta deposición de cristales puede considerarse un mecanismo de osmo-regulación, al controlar la concentración interna de sales que pueden producir toxicidad, tal como fue señalado por Poblete *et al.* (1991), para especies que crecen en el desierto salino de Atacama (Chile).

El índice de vulnerabilidad en el leño de esta especie resultó ser similar al reportado por Oladele & Iyabode (1988) en *G. celosioides* (0,67), por lo que considerando lo expuesto por Carlquist (2007), el xilema de estas especies ofrece alto grado de seguridad en la conducción de agua bajo condiciones de estrés.

La presencia de varios ejes caulinares simultáneos es un carácter relevante, que merece un estudio ontogenético. Los xilopodios son estructuras que muestran esta característica; sin embargo, no podemos precisar que se trate de ellos, ya que no se observaron yemas. Appezzato da Glória (2003) indicó que existe mucha discusión entre los botánicos en cuanto a la definición de xilopodio; sin embargo, señaló que puede ser de naturaleza caulinar, radical o mixta. Se caracteriza por la ocurrencia de ejes caulinares insertos en otro, su estructura rígida (observado en algunas muestras) y su capacidad gemífera. En *Gomphrena hermogenesii* J.C. Siqueira, *G. lanigera* Pohl. ex Moq. y *G. prostrata*

Mart. se ha señalado la presencia de sistemas subterráneos tuberosos, provistos de yemas subterráneas (Fank de Carvalho *et al.* 2010); no obstante en dicho trabajo no se caracterizan anatómicamente dichos sistemas, por lo que pudiese tratarse de raíces con yemas o de tallos enterrados.

Conclusiones

La presencia de pared celular más cutícula gruesa, la diferenciación de células almacenantes de agua, la abundancia de cristales, el desarrollo de una peridermis gruesa, el índice de vulnerabilidad calculado, el desarrollo atípico del sistema vascular secundario en raíces y tallos, entre otras constituyen expresiones adaptativas a las condiciones edafoclimáticas de la zona donde habita *G. albiflora*.

Referencias bibliográficas

- APPEZZATO DA GLÓRIA, B. 2003. *Morfologia de sistemas subterráneos. Histórico e evolução do conhecimento no Brasil*. Ribeirão Preto. A.S. Pinto. Brasil. 80 p.
- BONA, C. 1993. Estudio morfo-anatómico comparativo dos órgãos vegetativos de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. e *A. aquatica* (Parode) Chodat (Amaranthaceae). Curitiba. Dissertação de Mestrado em Botânica. Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 196 p.
- BONA, C. & B. LANGE DE MORRETES. 1997 Anatomia comparativa do caudale de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. e *A. aquatica* (Parodi) Chodat (Amaranthaceae). *Arq. Biol. Tecnol.* 40: 285-296.

- BORSCH, T. 2001. Amaranthaceae. In: *Flora de Nicaragua*. (Stevens, W.D., C.A. Ulloa Ulloa, A. Pool & O.M. Montiel, eds.), pp. 56-83. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 85.
- CARLQUIST, S. 2007. Successive cambia revisited: ontogeny, histology, diversity, and functional significance. *J. Torrey Bot. Soc.* 134(2): 301-332.
- COSTEA, M. & D.A. DEMASON. 2001. Stem morphology and anatomy in *Amaranthus* L. (Amaranthaceae), taxonomic significance. *J. Torrey Bot. Soc.* 128: 254-281.
- DUARTE, M.R. & M.C. DEBUR. 2004. Characters of the leaf and stem morphology of *Alternanthera brasiliana* (L.) O. Kuntze, Amaranthaceae. *Rev. Bras. Ciên. Farm.* 40: 85-92.
- ESAU, K. 1977. *Anatomy of seed plants*. John Wiley & Sons. New York, United States. 550 p.
- FAHN, A. & D. CUTLER. 1992. *Xerophytes*. Encyclopedia of plant anatomy. Gebruder, Borntraeger. 177 p.
- FANK-DE-CARVALHO, S.M., M.S. MARCHIETTO & S.N. BÃO. 2010. Leaf anatomy, morphology and ecological aspects of Amaranthaceae species from Reserva Particular do Patrimônio Natural Cara Preta, in Alto Paraíso, GO, Brazil. *Biota Neotrop.* 10(4): 77- <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?article+bn01310042010>.
- FANK-DE-CARVALHO, S.M. & E.D. GRACIANO-RIBEIRO. 2005. Arquitetura, anatomia e histoquímica das folhas de *Gomphrena arborescens* L.f. (Amaranthaceae). *Acta Bot. Bras.* 19(2): 377-390.
- FERRAROTTO, M. y D. JÁUREGUI. 2006. Alteraciones anatómicas en el eje caulinar fasciado de *Amaranthus cruentus* L. *Acta Bot. Venez.* 29(2): 357-362.
- GARCÍA, M., D. JÁUREGUI & E. MEDINA. 2008. Adaptaciones anatómicas foliares en especies de angiospermas que crecen en la zona costera del estado Falcón (Venezuela). *Acta Bot. Ven.* 31(1): 291-306.
- GIL-OTAIZA, R., J. CARMONA-ARZOLA. & A.M. RODRÍGUEZ. 2006. Plantas medicinales de la Mesa de Los Indios, Municipio Campo Elías (Estado Mérida, Venezuela). *Plantula* 4(1): 55-67.
- GROSSO, M.A. 2007. Crecimiento secundario inusual en raíz principal de *Pfaffia gnaphalioides* (L. Fil.) Mart. (Amaranthaceae). *Acta Bot. Bras.* 21(1): 21-26.
- JÁUREGUI-ZÚÑIGA, D. & A. MORENO. 2004. La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. *REB* 23 (1): 18-23.
- JOHANSEN, D.A. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw Hill. New York. 523 p.
- KHAN, M., S. MUSHARAF, M. IBRAR & F. HUSSAIN. 2011. Pharmacognostic evaluation of the *Amaranthus viridis* L. *Res. Pharm. Biotechn.* 3(1): 11-16.
- KOLATTUKUDY, P.E. 1984. Biochemistry and function of cutin and suberin. *Can. J. Bot.* 62: 2918-2933.
- LÁREZ, A. 2004. *Las plantas medicinales en el municipio Caripe, estado Monagas*. Editorial Litógrafos Asociados, C.A. Maturín. 106 p.

- MEDINA, E., A. FRANCISCO, R. WINGFIELD & O. CASANAS. 2008. Halofitismo en plantas de la costa Caribe de Venezuela. *Acta Bot. Ven.* 31: 49-80.
- METCALFE, C. & L. CHALK. 1950. *Anatomy of the dicotyledons: Leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses.* V.2. Claredon Press, Oxford. 1500 p.
- MOREIRA, M.F., B. APPEZZATO-DA-GLÓRIA & L. ZAIDAN. 2000. Anatomical aspects of IBA-treated microcuttings of *Gomphrena macrocephala* St.-Hil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 43(2): 221-227.
- OLADELE, F.A. & O. IYABODE. 1988. Stem anatomical indices for suitability of *Gomphrena celosoides* Mart. as a potential revegetation plant. *Niger. J. Bot.* 1: 1-4.
- POBLETE, V., V. CAMPOS, L. GONZÁLEZ & G. MONTENEGRO. 1991. Anatomical leaf adaptations in vascular plants of a salt marsh in the Atacama Desert (Chile). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 64: 65-75.
- RAINERO, H. 2008. *Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos actuales.* Boletín N° 3. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Córdoba, Argentina. 13 p.
- RAJPUT S.S. & K.S. RAO. 1999. Structural and developmental studies on cambial variant in *Pupalia lappacea* (Amaranthaceae). *Ann. Bot. Fenn.* 36: 137-141.
- RAJPUT, K.S. & K.S. 2000. Secondary growth in the stem of some species of *Alternanthera* and *Achyranthes aspera* (Amaranthaceae). *IAWA J.* 21(4): 417-424.
- ROBERT, E., N. SCHMITZ, I. BOREN, T. DRIESSENS, K. HERREMANS, J. DE MEY, E. VAN DE CASTEELE, H. BECKMAN & N. KOEDAM. 2011. Sucesive cambia: a developmental oddity or an adaptative structure?. *PLoS one* 6(1) e16558. Doi: 10.1371/journal.pone0016558
- RUIZ, T., M. CASTRO, J. GONZÁLEZ & R. WINGFIELD. 2012. *Gomphrena albiflora* Moq. (Amaranthaceae), especie restringida al norte de Suramérica. Programa y resúmenes. III Congreso Venezolano de Diversidad Biológica. San Carlos, Cojedes. Mayo 2012. p. 112.
- SINDHUJA, R., A. RAJENDRAN, P. JAYANTHI, BINUTHOMAS & R. SIVALINGAM. 2012. Traditional phytomedicines in Kinathukadavu hills in Southern Western Ghats of Coimbatore. *Int. J. Applied BioRes.* 9: 1-7.
- VARGAS, W. 2002. *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales.* Manizales, Colombia. 814 p.
- WAHID, A. 2003. Physiological significance of morpho-anatomical features of halophytes with particular reference to Cholistan Flora. *Int. J. Agri. Biol.* 5: 207-212.
- VRBNIČANIN, S., L. STEFANIVIĆ, D. BOŽIĆ, M. SARIĆ & R. RADOŠEVIĆ. 2009. Comparative analysis of the anatomy of two populations of red-root amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Pestic. Phytomed. (Belgrade)* 24: 103-112.